

**(10) Internationale Veröffentlichungsnummer**  
**WO 2012/016933 A2**



IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen wenigstens eines Betriebsparameters eines thermoelektrischen Systems in einem Fahrzeug

Die Erfindung betrifft ein thermoelektrisches System für ein Fahrzeug, insbesondere für ein einen Verbrennungsmotor aufweisendes Kraftfahrzeug. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen eines Betriebszustands des thermoelektrischen Systems.

Die zunehmende Hybridisierung der Fahrzeuge macht es erforderlich, elektrische Energie in einem größeren Maße im Fahrzeug bereitzustellen, als dies bei einem herkömmlichen Kraftfahrzeug zum Betrieb elektrischer Anlagen notwendig ist. Da mit der derzeitigen Batterietechnologie nicht ausreichend elektrischer Energie zur Verfügung gestellt werden kann, ist es notwendig, im Fahrzeug Einrichtungen zur Gewinnung bzw. Rückgewinnung elektrischer Energie vorzusehen. Unter anderem sind hierzu Methoden zur Energiewiedergewinnung, wie z. B. die Rekuperation von Bremsenergie oder die thermoelektrische Energieumwandlung von im Verbrennungsprozess entstehender Abwärme bekannt. Die thermoelektrische Energieumwandlung erfolgt u. a. unter Ausnutzung des photoelektrischen Effekts, wobei die von einem heißen Bauteil emittierte Wärmestrahlung mittels photovoltaischer Zellen direkt in eine elektrische Spannung umgewandelt wird. Die typischerweise aus Halbleitermaterialien gebildeten photovoltaischen Zellen sind dabei möglichst nahe an der Wärmequelle angeordnet, um eine möglichst hohe Energieausbeute zu erhalten. In dieser Umgebung sind diese empfindlichen Bauteile Bedingungen ausgesetzt, die sich negativ auf die Funktionsfähigkeit bzw. Effizienz der photovoltaischen Elemente ausüben können. So können beispielsweise Hitze und verschiedene chemische Stoffe zum beschleunigten Alterungsprozess der typischerweise aus Halblei-

termaterialien gebildeten photovoltaischen Elemente beitragen. Darüber hinaus können Verschmutzungen der photovoltaischen Elemente aufgrund von Abschattungseffekten zu Effizienzeinbußen führen. Ferner können auch die weiteren Komponenten des thermoelektrischen Systems, wie z. B. die Verkabelung oder die Steckverbindungen der Photozellen altersbedingt oder aufgrund von Beschädigungen zur Reduktion des Wirkungsgrads der Anlage führen.

10 Um solche Störungen des thermoelektrischen Systems rechtzeitig zu erkennen und mithilfe geeigneter Gegenmaßnahmen Einbußen bei der Energierückgewinnung zu vermeiden, ist es sinnvoll den Betriebszustand des thermoelektrischen Systems zu überwachen.

15

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zur Überwachung wichtiger Betriebsparameter des thermoelektrischen Systems bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Ferner wird diese Aufgabe 20 durch eine Vorrichtung nach Anspruch 11 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß der Erfindung ist ein Verfahren zur Bestimmung wenigstens eines Betriebsparameters eines thermoelektrischen Systems in ein Fahrzeug vorgesehen, wobei das thermoelektrische System eine Energieumwandlungseinrichtung mit wenigstens einem photovoltaischen Element zum Umwandeln einer von einer Wärmequelle des Fahrzeugs emittierten Wärmestrahlung in 25 elektrische Energie umfasst. Das Verfahren umfasst dabei die Messung einer elektrischen Leistung der photovoltaischen Einrichtung und die Bestimmung des Betriebsparameters anhand der gemessenen elektrischen Leistung der photovoltaischen Einrichtung. Durch die hier vorgesehene Leistungsüberwachung 30 lassen sich Rückschlüsse auf verschiedene Betriebsparameter des thermoelektrischen Systems auf eine besonders einfache Art und Weise erzielen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass die gemessene elektrische Leistung mit einer erwarteten elektrischen Leistung der Energieumwandlungseinrichtung verglichen wird, wobei der Betriebsparameter aus dem Vergleich der gemessenen elektrischen Leistung mit der erwarteten elektrischen Leistung bestimmt wird. Durch den Vergleich der gemessenen mit der erwarteten Leistung lassen sich Störungen des Systems auf eine einfache Weise feststellen. Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass die erwartete elektrische Leistung auf einer mittels eines Temperatursensors gemessenen oder anhand eines Kennfeldes ermittelten Temperatur der Wärmequelle berechnet wird. Die Bestimmung der erwarteten Temperatur anhand einer gemessenen Temperatur bietet eine hohe Genauigkeit. Hingegen ist durch die Verwendung eines Kennfeldes zur Bestimmung der Temperatur eine Schätzung der zu erwartenden elektrischen Leistung ohne entsprechende Temperaturmessung möglich.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass die Bestimmung des Betriebsparameters im Rahmen einer Diagnose erfolgt, bei der ein Funktionszustand des thermoelektrischen Systems anhand der gemessenen elektrischen Leistung bewertet wird. Mithilfe eines solchen Diagnosesystems sind genaue Aussagen über den Funktionszustand des Systems insgesamt oder über den seiner einzelnen Komponenten möglich. Insbesondere lassen sich damit frühzeitig Störungen des Systems erkennen, wodurch wiederum gezielte Maßnahmen zur Verbesserung bzw. Aufrechterhaltung des Wirkungsgrads der Anlage möglich werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Funktionsunfähigkeit der Energieumwandlungseinrichtung diagnostiziert, wenn die gemessene elektrische Leistung gleich Null ist. Dies erlaubt eine sehr einfache Diagnose der gesamten Anlage.

Ferner ist vorgesehen, dass eine Unterbrechung des Stromkreises diagnostiziert wird, wenn die aktuell gemessene Leistung gleich Null ist, diese Leistung im vorherigen Fahrzyklus je-

doch einer erwarteten elektrischen Leistung entsprach. Hierdurch können auf sehr einfache Weise durch Kabelbruch oder Ähnliches verursachte Stromunterbrechungen innerhalb des Systems erkannt werden.

5

Ferner ist vorgesehen, dass eine Funktionsunfähigkeit einiger photovoltaischen Elemente diagnostiziert wird, wenn bei Kenntnis der tatsächlichen Temperatur der Wärmequelle die gemessene elektrische Leistung der mehrere photovoltaischen

10 Elemente umfassenden Energieumwandlungseinrichtung größer Null und kleiner als die erwartete elektrische Leistung der Umwandlungseinrichtung ist. Hiermit lassen sich Funktionsstörungen bei einem Teil der photovoltaischen Elemente erkennen.

15 Ferner ist vorgesehen, dass entweder eine Abweichung der tatsächlichen Temperatur von der erwarteten Temperatur oder eine Funktionsunfähigkeit einiger photovoltaischen Elemente vorliegt, wenn bei unbekannter tatsächlicher Temperatur der Wärmequelle die gemessene elektrische Leistung der mehrere photovoltaische Elemente umfassenden Energieumwandlungseinrichtung größer Null und kleiner als die erwartete Leistung ist. Hiermit können einerseits Fehler bei der Ermittlung der erwarteten Temperatur erkannt werden. Ferner es ist hiermit

20 auch bei unbekannter tatsächlicher Temperatur möglich zu erkennen, dass ein Teil der photovoltaischen Elemente funktionsunfähig ist.

Ferner ist vorgesehen, dass eine Verschlechterung des Wirkungsgrads der Energieumwandlungseinrichtung durch Verschmutzung und/oder durch Alterung der photovoltaischen Elemente

30 diagnostiziert wird, wenn die gemessene elektrische Leistung größer Null und kleiner als die erwartete Leistung ist und diese Leistung über einen längeren Zeitraum abnimmt. Hierdurch lassen sich rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten, um

35 den Wirkungsgrad durch Säuberung oder Austausch der betroffenen photovoltaischen Elemente aufrechtzuerhalten.

In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine Unterbrechung des Stromkreises diagnostiziert wird, wenn die gemessene elektrische Leistung plötzlich auf Null abfällt. Mithilfe dieser Diagnose lassen sich frühzeitig Gegenmaßnahmen einleiten, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad der Anlage sicherzustellen.

Ferner ist vorgesehen, dass ein Wackelkontakt diagnostiziert wird, wenn die gemessene elektrische Leistung zwischen Null und der erwarteten elektrischen Leistung hin- und herschwankt. Auch diese Diagnose erlaubt es, frühzeitig Gegenmaßnahmen einleiten, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad sicherzustellen.

Ferner ist vorgesehen, dass eine Überhitzung der Wärmequelle diagnostiziert wird, wenn die gemessene elektrische Leistung größer als die erwartete elektrische Leistung ist. Hierdurch lassen auch ohne eine entsprechende Messung der Temperatur der Wärmequelle bzw. bei einem Ausfall einer des Temperatursensors Rückschlüsse auf eine Fehlfunktion der Verbrennungsmaschine schließen. Durch gezielt eingeleitete Maßnahmen lassen sich hiermit Schäden am Verbrennungsmotor des Kraftfahrzeugs und/oder an der thermoelektrischen Anlage selbst vermeiden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass anhand der gemessenen elektrischen Leistungen die aktuelle Temperatur der Wärmequelle berechnet wird. Hierdurch wird es möglich, ohne eine Temperaturmessung vor Ort auszukommen, was aufgrund der Einsparung eines Temperatursensors mit einer Kostenreduktion einhergeht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass die berechnete Temperatur mit einer erwarteten Temperatur der Wärmequelle verglichen wird und der Betriebsparameter anhand des Ergebnisses dieses Vergleichs bestimmt wird. Dies eröffnet die Möglichkeit, den Wirkungsquerschnitt bzw.

die Diagnose des thermoelektrischen Systems auf der Ebene der Temperatur durchzuführen.

5      Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass als Betriebsparameter der Wirkungsgrad des photoelektrischen Elements ermittelt wird, wobei anhand der gemessenen elektrischen Leistung eine Temperatur der Wärmequelle berechnet wird. Der Wirkungsgrad wird dann als Quotient aus  
10      der berechneten Temperatur und der erwarteten Temperatur der Wärmequelle, die mittels eines Temperatursensors gemessen oder mittels eines Kennfeldes bestimmt wird, berechnet. Dies stellt eine alternative Form zur Berechnung des Wirkungsgrads dar.

15      Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die aktuelle Leistung durch Messung der Spannung und/oder des Stroms der Energieumwandlungseinrichtung ermittelt wird. Hierdurch kann auf eine besonders einfache Weise die Leistung der Energieumwandlungseinrichtung ermittelt werden.

20      Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass als Betriebsparameter die aktuelle Temperatur der Wärmequelle bestimmt wird. Hierdurch kann ein entsprechender Temperatursensor entfallen, was sich wiederum in niedrigeren  
25      Herstellungskosten bemerkbar macht.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

30      Figur 1 eine schematische Darstellung des thermoelektrischen Systems mit einer zwei separate Elemente umfassenden Energieumwandlungseinrichtung;

35      Figur 2 eine tabellarische Darstellung der Diagnose des thermoelektrischen Systems und seiner Komponenten.

Die Figur 1 zeigt ein thermoelektrisches System 100 zum Umwandeln einer von einer Wärmequelle eines Fahrzeugs emittier-

ten Wärmeenergie in elektrische Energie. Als Wärmequelle 101 kommt grundsätzlich jedes Bauteil des Fahrzeugs in Frage, das im Betrieb eine ausreichend hohe Temperatur erreicht, um eine effektive Energiegewinnung mittels photovoltaischer Elemente sicherzustellen. Bei einem Verbrennungsmotor sind dies üblicherweise der Motorblock selber bzw. bestimmte Bereiche des Motorblocks davon sowie die Abgasanlage bzw. besonders heiße Abschnitte der Abgasanlage, wie z. B. Krümmer oder Katalysator. In der Figur 1 ist ein solches Bauteil 110, welches Energie in Form von Wärmestrahlung 111 emittiert, schematisch dargestellt. Das thermoelektrische System 100 umfasst eine Energieumwandlungseinrichtung 120, die im vorliegenden Fall zwei separate photovoltaische Elemente 121, 122 aufweist. Die in der Regel als spezielle, für den IR-Bereich optimierten Photovoltaikzellen ausgebildeten photovoltaische Elemente 121, 122 sind in geeigneter Weise in der Nähe der Wärmequelle 110 angeordnet, so dass die von der Wärmequelle 110 emittierte Wärmestrahlung 111 von den photovoltaischen Elementen 121, 122 in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Die Photzellen 121, 122 sind über eine Verkabelung 123, 124, 125 an eine Energiespeichereinrichtung 150 zur Zwischenspeicherung der elektrischen Energie verbunden. Zwischen der Energieumwandlungseinrichtung 120 und der Energiespeichereinrichtung 150 ist typischerweise ein elektrischer Wandler 140 zwischengeschaltet, um die von der Energieumwandlungseinrichtung 120 gelieferte Spannung in die für die in der Regel als Batterie-/ Akkuzelle gebildete Energiespeichereinrichtung 150 notwendige Spannung umzuwandeln.

Erfindungsgemäß umfasst das thermoelektrische System 100 ferner eine Steuer- bzw. Überwachungseinrichtung 110, mit deren Hilfe der Betrieb der Energieumwandlungsanlage 120 gesteuert, bzw. überwacht wird. Die Steuereinrichtung 110 kann dabei mit verschiedenen Komponenten des thermoelektrischen Systems 100 über entsprechende Leitungen verbunden sein. Im vorliegenden Beispiel ist die Steuereinrichtung 110 aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich mit der Leitung 125 verbunden. Hierdurch soll angedeutet werden, dass die Steuereinrichtung 110

eine Messung der aktuell von der Energieumwandlungseinrichtung 120 bereitgestellten elektrischen Leistung  $P_{ist}$  durchführt. Wie in der Figur 1 ferner gezeigt, ist in unmittelbarer Nähe der Wärmequelle 110 ein Temperatursensor 160 angeordnet. Der Temperatursensor 160 kann dabei über eine entsprechende elektrische Leitung (hier gestrichelt) direkt mit der Steuereinrichtung 110 verbunden sein. Alternativ kann die Steuereinrichtung 110 eine Information über die Temperatur der Wärmequelle 110 auch von einer anderen Einrichtung des Fahrzeugs erhalten.

Die Erfindungsgemäße Steuereinrichtung 110 ist dabei ausgebildet, wenigstens einen Betriebsparameter des thermoelektrischen Systems 100 zu ermitteln. Dies erfolgt erfindungsgemäß durch Messung der aktuellen elektrischen Leistung  $P_{ist}$  der Energieumwandlungseinrichtung 120. Die vorzugsweise über Messung von Strom und/oder Spannung am Eingang des elektrischen Wandlers 140 erfasste elektrische Leistung  $P_{ist}$  kann in der Steuereinrichtung 120 dazu verwendet werden, die aktuelle Temperatur der Wärmequelle 110 zu berechnen. Gemäß dem für schwarze Strahler geltenden Stefan-Boltzmann-Gesetz ergibt sich für die Strahlungsleistung  $P[W]$  bei einer Temperatur  $T[K]$ :

$$P = \sigma \times A \times T^4$$

mit der Stefan-Boltzmann-Konstante  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$  und  $A[m^2]$  die Oberfläche des Körpers. Gemäß dieser Gleichung emittiert ein Quadratzentimeter einer  $500^\circ C$  heißen Oberfläche in etwa 2 Watt pro  $cm^2$  Leistung mit einem Intensitätsmaximum bei einer Wellenlänge von  $5 \mu m$ . Bei einer angenommenen Effizienz einer Photovoltaikzelle von 7 bis 15 Prozent ergibt sich eine gemessene Leistung der Energieumwandlungseinrichtung von etwa  $0,2$  Watt pro  $cm^2$ . Sind alle bekannten Faktoren der photovoltaischen Einrichtung 120 bekannt, wie z. B. Größe der Photovoltaikzellen 121, 122 sowie deren Abstand und Anordnung bezüglich der Wärmequelle 110, die Leistungsverluste der Anschlussleitungen 123, 124, 125 etc., so kann mithilfe der ge-

messenen Leistung  $P_{ist}$  der Energieumwandlung 120 eine Aussage über die Strahlungsleistung der Wärmequelle 110 gemacht werden. Anhand der so ermittelten Strahlungsleistung kann durch Umformen der Stefan-Boltzmann-Gleichung schließlich die Temperatur  $T_{ist}$  der Strahlenquelle 110 ermittelt werden. Mithilfe dieses Verfahrens ist es auch möglich, die Temperatur bestimmter Teile im Kraftfahrzeug auch ohne eine direkte Temperaturmessung zu erhalten. Somit kann das erfindungsgemäße Konzept als Sensorsatz verwendet werden.

Einen weiteren interessanten Betriebsparameter bildet der Wirkungsgrad der thermoelektrischen Anlage 100. Dieser lässt sich beispielsweise durch den Vergleich, genauer durch Quotientenbildung, der gemessenen Leistung  $P_{ist}$  mit einer erwarteten elektrischen Leistung  $P_{ref}$  ermitteln. Die als Referenz dienende erwartete elektrische Leistung  $P_{ref}$  kann hierzu ebenfalls durch Zuhilfenahme des Stefan-Boltzmann-Gesetzes aus einer bekannten Temperatur  $T_{ist}$  der Strahlungsquelle ermittelt werden. Hierzu wird zunächst die Strahlungsleistung  $P$  der Wärmequelle 110 mithilfe dieser Gleichung ermittelt und dieser Wert anschließend durch Multiplikation mit einem aus der Applikation des Systems 100 bekannten Faktors, der die Verluste der Strecke zwischen Wärmequelle 110 und Wandler 140 berücksichtigt, ermittelt werden. Die Temperatur  $T_{ist}$  kann dabei sowohl mithilfe einer Messung als auch bei Kenntnis des jeweiligen Motorbetriebspunkts mithilfe von Kennfeldern ermittelt werden.

Die Bestimmung des Wirkungsgrads kann jedoch auch durch einen Vergleich einer ermittelten Temperatur mit einer als Referenz vorliegenden erwarteten Temperatur erfolgen.

Als Betriebsparameter kann auch der Funktionszustand des thermoelektrischen Systems 100 oder seiner Komponenten ermittelt werden. Hierzu können geeignete Diagnoseschritte in der Steuereinrichtung 120 implementiert sein. Erfindungsgemäß wird die Diagnose durch einen Vergleich der aktuell ermittelten elektrischen Leistung  $P_{ist}$  mit einem Referenzwert  $P_{ref}$

durchgeführt. Als Referenzwert dient dabei eine an dem jeweiligen Meßpunkt erwartete elektrische Leistung  $P_{ref}$ . Diese kann beispielsweise mithilfe der Stefan-Boltzmann-Gleichung aus der aktuell ermittelten Temperatur  $T_{ist}$  berechnet werden. Je nach Anwendung können bei der Diagnose verschiedenen Funktionszustände bewertet werden. Die Figur 2 zeigt beispielhaft eine tabellarische Zusammenstellung geeigneter Aussagen bzw. Bewertungen für eine solche Diagnose.

Demnach funktioniert die gesamte Energieumwandlungseinrichtung 120 nicht, wenn als elektrische Leistung  $P_{ist}$  Null gemessene wird. In dem Fall, dass die gemessene Leistung  $P_{ist}$  im vorherigen Fahrzyklus jedoch einer erwarteten elektrischen Leistung  $P_{ref}$  entsprach, wird ein Bruch im Stromkreis angenommen.

Sofern die tatsächlichen Temperatur  $T_{ist}$  der Wärmequelle bekannt ist, können Defekte einzelner Photozellen 121, 122 hingegen erkannt werden, wenn die gemessene elektrische Leistung der Energieumwandlungseinrichtung 120 zwischen Null der erwartete elektrische Leistung  $P_{ref}$  liegt. Ist die tatsächlichen Temperatur  $T_{ist}$  der Wärmequelle hingegen unbekannt, so wird in diesem Fall entweder eine Abweichung der tatsächlichen Temperatur  $T_{ist}$  von der erwarteten Temperatur  $T_{ref}$  oder eine ein Defekt einzelner Photozellen 121, 122 angenommen.

Wird eine elektrische Leistung  $P_{ist}$  gemessen, die zwischen Null und der erwarteten Leistung  $P_{ref}$  liegt, und ist ferner durch einen Vergleich des aktuell gemessenen Leistungswerts mit zuvor gemessenen Werten erkennbar, dass ein schleichender Leistungsverlust vorliegt, so kann sowohl von einer Verschmutzung der Photozellen 121, 122 als auch von einer durch Alterungseffekte bedingten Leistungsreduktion ausgegangen werden.

Eine Unterbrechung des Stromkreises kann hingegen bei einem plötzlichen Abfall der gemessenen elektrischen Leistung  $P_{ist}$  auf Null diagnostiziert werden. Springt der gemessene Wert

jedoch zwischen der erwarteten Leistung  $P_{ref}$  und Null, so liegt ein Wackelkontakt im Stromkreis vor.

5 Schließlich kann eine Überhitzung der Wärmequelle angenommen werden, wenn als elektrische Leistung  $P_{ist}$  ein Wert größer als die erwartete elektrische Leistung  $P_{ref}$  gemessen wird.

10 Bei den in der bevorstehenden Beschreibung im Zusammenhang mit den Figuren offenbarten Ausführungsformen handelt es sich lediglich um Ausführungsbeispiele der Erfindung. Dabei können je nach Anwendung für die Realisierung der Erfindung sämtliche in diesem Zusammenhang offenbarten Merkmale sowohl einzeln als auch in Kombination miteinander relevant sein.

## Patentansprüche

- 5        1. Verfahren zum Bestimmen wenigstens eines Betriebsparameters eines thermoelektrischen Systems (100) in einem Fahrzeug,  
wobei das thermoelektrische System (100) eine Energieumwandlungseinrichtung (120) mit wenigstens einem  
10       photovoltaischen Element (121, 122) zum Umwandeln einer von einer Wärmequelle (110) des Fahrzeugs emittierten Wärmestrahlung (111) in elektrische Energie umfasst,  
umfassend die Schritte:  
- Messen einer elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ ) der photovoltaischen Einrichtung (120), und  
15       - Bestimmen des Betriebsparameters anhand der gemessenen elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ ) der photovoltaischen Einrichtung (120).
- 20       2. Verfahren nach Anspruch 1,  
wobei die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ ) mit einer erwarteten elektrischen Leistung ( $P_{ref}$ ) der Energieumwandlungseinrichtung (120) verglichen wird, und  
wobei der Betriebsparameter aus dem Vergleich der gemessenen elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ ) mit der erwarteten  
25       elektrischen Leistung ( $P_{ref}$ ) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
wobei die erwartete elektrische Leistung ( $P_{ref}$ ) aus einer mittels eines Temperatursensors (160) gemessenen  
30       oder anhand eines Kennfeldes ermittelten Temperatur ( $T_{ist}$ ) der Wärmequelle (110) berechnet oder anhand eines Kennfeldes ermittelt wird.
- 35       4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
wobei die Bestimmung des Betriebsparameters im Rahmen einer Diagnose des thermoelektrischen Systems (100) erfolgt, bei der ein Funktionszustand des thermoelektri-

schen Systems (100) anhand der gemessenen elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ ) bewertet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

- 5 wobei die Bewertung wenigstens eine der folgenden Aussagen umfasst:
- im Falle dass die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ ) gleich Null ist, liegt keine Funktionsfähigkeit der Energieumwandlungseinrichtung (120) vor;
  - 10 - im Falle dass die aktuell gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ ) gleich Null ist und gleichzeitig eine im vorherigen Fahrzyklus gemessene elektrische Leistung einer erwarteten elektrischen Leistung ( $P_{ref}$ ) entspricht, liegt eine Unterbrechung des Stromkreises vor;
  - 15 - im Falle dass die tatsächliche Temperatur ( $T_{ist}$ ) der Wärmequelle (110) bekannt und die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ ) der mehrere photovoltaische Elemente (121, 122) umfassenden Energieumwandlungseinrichtung (120) größer Null und kleiner als die erwartete elektrische Leistung ( $P_{ref}$ ) ist, liegt bei einem Teil der photovoltaischen Elemente (121, 122) keine Funktionsfähigkeit vor;
  - 20 - im Falle dass die tatsächliche Temperatur ( $T_{ist}$ ) der Wärmequelle (110) unbekannt und die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ ) der mehrere photovoltaischen Elemente (121, 122) umfassenden Energieumwandlungseinrichtung (120) größer Null und kleiner als die erwartete Leistung ( $P_{ref}$ ) ist, weicht entweder die tatsächliche Temperatur ( $T_{ist}$ ) von der erwarteten Temperatur ( $T_{ref}$ ) ab,
  - 25 oder
  - 30 - bei einem Teil der photovoltaischen Elemente (121, 122) liegt keine Funktionsfähigkeit vor;
  - im Falle dass die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ ) größer Null und kleiner als die erwartete Leistung ( $P_{ref}$ ) ist und die elektrische Leistung ( $P_{ist}$ ) über einen längeren Zeitraum abnimmt, liegt eine Verschlechterung des Wirkungsgrads der Energieumwandlungseinrichtung (120)
  - 35

durch Verschmutzung und/oder durch Alterung der photo-  
voltaischen Elemente (121, 122) vor;

- im Falle dass die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ )  
auf Null abfällt, liegt eine Unterbrechung im Stromkreis  
vor;

- im Falle dass die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ )  
zwischen Null und der erwarteten elektrischen Leistung  
( $P_{ref}$ ) hin und her schwankt, liegt ein Wackelkontakt vor;

- im Falle dass die gemessene elektrische Leistung ( $P_{ist}$ )  
größer als die erwartete elektrische Leistung ( $P_{ref}$ ) ist,  
liegt eine Überhitzung der Wärmequelle vor.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei anhand der gemessenen elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ )  
eine aktuelle Temperatur ( $T_{ist}$ ) der Wärmequelle (110)  
berechnet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
wobei die berechnete Temperatur ( $T_{ist}$ ) mit einer erwar-  
teten Temperatur ( $T_{ref}$ ) der Wärmequelle (110) verglichen  
wird, und  
wobei der Betriebsparameter anhand des Ergebnisses die-  
ses Vergleichs bestimmt wird.

8. Verfahren nach einer der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei als Betriebsparameter der Wirkungsgrad des photo-  
elektrischen Elements (120) ermittelt wird,  
wobei anhand der gemessenen elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ )  
eine Temperatur ( $T_{ist}$ ) der Wärmequelle (110) berechnet  
wird, und

wobei der Wirkungsgrad als Quotient aus der berechneten  
Temperatur ( $T_{ist}$ ) und einer erwarteten Temperatur ( $T_{ref}$ )  
der Wärmequelle (110), die mittels eines Temperatursen-  
sors (160) gemessen oder mittels eines Kennfeldes be-  
stimmt wird, berechnet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei die aktuelle Leistung ( $P_{ist}$ ) durch Messung der  
Spannung und/oder des Stroms der Energieumwandlungsein-  
richtung (120) ermittelt wird.

5

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei als Betriebsparameter die aktuelle Temperatur  
( $T_{ist}$ ) der Wärmequelle (110) bestimmt wird.

10 11. Vorrichtung (130) zum Bestimmen wenigstens eines Be-  
triebsparameters eines thermoelektrischen Systems (100)  
in einem Fahrzeug,  
wobei das thermoelektrische System (100) eine Ener-  
gieumwandlungseinrichtung (120) mit wenigstens einem  
15 photovoltaischen Element (121, 122) zum Umwandeln ei-  
ner von einer Wärmequelle (110) des Fahrzeugs emittier-  
ten Wärmestrahlung (111) in elektrische Energie um-  
fasst, und  
wobei die Vorrichtung (130) ausgebildet ist, eine  
20 elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ ) des photovoltaischen Ele-  
ments (120) zu messen und den Betriebsparameter anhand  
der gemessenen elektrischen Leistung ( $P_{ist}$ ) des photo-  
voltaischen Elements (120) zu bestimmen.

Fig. 1

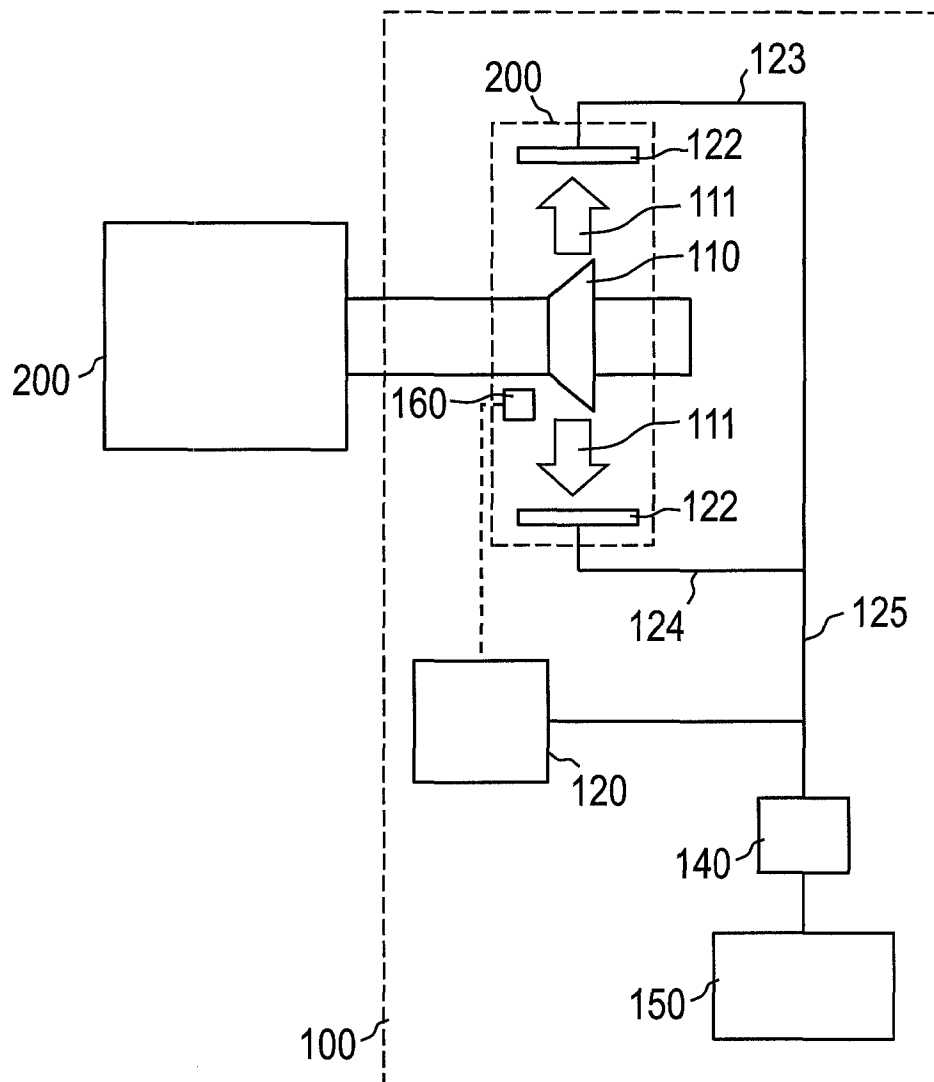


Fig. 2

| gemessene Leistung $P_{\text{ist}}$                                                  | erwartete Leistung $P_{\text{ref}}$ | Diagnose                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $P_{\text{ist}} = 0$                                                                 | $P_{\text{ref}}$                    | - photovolt. Einrichtung insgesamt funktioniert nicht:<br>- wenn $P_{\text{ist}}$ im vorherigen Fahrzyklus gleich $P$ war $\rightarrow$ Bruch im Stromkreis                                                                                                                                                 |
| $0 < P_{\text{ist}} < P_{\text{ref}}$                                                | $P_{\text{ref}}$                    | wenn tatsächliche Temperatur $T_{\text{ist}}$ bekannt ist:<br>- einige photovolt. Elemente funktionieren nicht<br>wenn tatsächliche Temperatur $T_{\text{ist}}$ unbekannt ist:<br>- tatsächlich Temperatur $T_{\text{ist}}$ anders als angenommen, oder<br>- einige photovolt. Elemente funktionieren nicht |
| $0 < P_{\text{ist}} < P_{\text{ref}}$<br>und<br>$P_{\text{ist}}$ langfristig fallend | $P_{\text{ref}}$                    | Wirkungsgrad der photovolt. Elemente lässt nach<br>aufgrund von:<br>- Verschmutzung der Oberfläche, oder<br>- Funktion der photovolt. Elemente altersbedingt reduziert                                                                                                                                      |
| $P_{\text{ref}} \rightarrow 0 \rightarrow P_{\text{ref}}$ etc.                       | $P_{\text{ref}}$                    | Wackelkontakt                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| $P_{\text{ist}} > P_{\text{ref}}$                                                    | $P_{\text{ref}}$                    | Überhitzung der Wärmequelle                                                                                                                                                                                                                                                                                 |